

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2004 年 4 月 22 日 (22.04.2004)

PCT

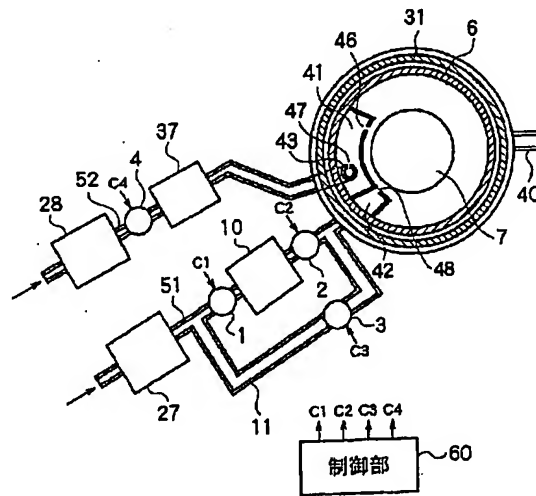
(10) 国際公開番号  
WO 2004/034454 A1

- (51) 国際特許分類: H01L 21/31, C23C 16/455 (72) 発明者; および  
(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/012786 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 境 正憲  
(22) 国際出願日: 2003 年 10 月 6 日 (06.10.2003) (SAKAI, Masanori) [JP/JP]; 〒164-8511 東京都 中野区 東中野三丁目 1 4 番 2 0 号 株式会社日立国際電気内 Tokyo (JP). 加賀谷 徹 (KAGAYA, Toru) [JP/JP]; 〒164-8511 東京都 中野区 東中野三丁目 1 4 番 2 0 号 株式会社日立国際電気内 Tokyo (JP). 嶋 信人 (SHIMA, Nobuhito) [JP/JP]; 〒164-8511 東京都 中野区 東中野三丁目 1 4 番 2 0 号 株式会社日立国際電気内 Tokyo (JP).  
(25) 国際出願の言語: 日本語  
(26) 国際公開の言語: 日本語  
(30) 優先権データ: 特願2002-295323 2002 年 10 月 8 日 (08.10.2002) JP  
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社日立国際電気 (HITACHI KOKUSAI ELECTRIC INC.) [JP/JP]; 〒164-8511 東京都 中野区 東中野三丁目 1 4 番 2 0 号 Tokyo (JP).  
(74) 代理人: 宮本 治彦 (MIYAMOTO, Haruhiko); 〒228-0803 神奈川県 相模原市 相模大野三丁目 1 9 番 1 3 号 アーベイン相模ビル 6 0 2 号 Kanagawa (JP).  
(81) 指定国 (国内): CN, KR, US.

[続葉有]

(54) Title: SUBSTRATE TREATING APPRATUS

(54) 発明の名称: 基板処理装置



60...CONTROL PART

(57) Abstract: A substrate treating apparatus, comprising a reaction chamber (6) forming a space for treating a substrate (7), and a gas reserving part (10) connected to the reaction chamber (6), having a gas supply pipe for supplying gas for treating the substrate (7) and a gas exhaust pipe for exhausting the gas inside the reaction chamber (6) and reserving gas supplied to the reaction chamber (6), and reserving the gas to be supplied to the reaction chamber (6) midway in the gas supply pipe, and a bypass line (11) bypassing the gas reserving part (10), the gas receiving part (10) being arranged parallel with the bypass line, and a control part (60) supplying the treating gas to the reaction chamber (6) by using either of the gas reserving part (10) and the bypass line (11) when the substrate (7) is treated.

(57) 要約: 本発明の基板処理装置は、基板 (7) を処理する空間を形成する反応室 (6) と、反応室 (6) に接続され、基板 (7) の処理用ガスを供給するガス供給配管及び、反応室 (6) 内を排気するガス排気配管とを有し、ガス供給配管の途中に、反応室 (6) に供給するガスを溜めるガス溜め部 (10) と、そのガ

[続葉有]

BEST AVAILABLE COPY



添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

ス溜め部(10)をバイパスするバイパスライン(11)とを並設し、基板(6)を処理するとき、ガス溜め部(10)かバイパスライン(11)のどちらか一方を使用して処理用ガスを反応室(6)に供給させる制御部(60)を設けている。

## 明細書

### 基板処理装置

#### 技術分野

本発明は基板処理装置に係り、特に成膜に寄与するガスを供給するガス供給構造を改善した基板処理装置に関するものである。

#### 背景技術

基板へのプロセス処理例としてALD (Atomic Layer Deposition)法を用いた成膜処理を行う基板処理装置が知られている。この基板処理装置は、ある成膜条件（温度、時間等）の下で、成膜に用いる2種（又はそれ以上）の原料ガスを1種類ずつ交互に反応室内の基板上に供給して、その基板上に1原子層単位で吸着させ、表面反応のみを利用して成膜を行うものである。この場合、原料ガスのガス供給量はガス供給配管に設けたマスフローコントローラ（MFC）による流量制御によって行なっている。

気相反応物の交互表面反応に基板を曝すことによって基板上に膜を成長させる場合、各原料ガスの基板表面への吸着が速いほど成膜にかかる時間が少なくて済み、生産性が向上する。一般的に吸着量は圧力×時間に比例している。圧力×時間に当たる量を $L$ とすると、圧力が高ければ時間が短くても、 $L$ が等しければ同じ量、吸着させることが可能である。すなわち、反応室内の圧力を急速に上げれば、原料ガスを短時間で吸着させることが可能ということになる。

そこで、反応室内の圧力を上げるには原料を急速に供給することが必要となる。通常原料ガスの供給は、MFCを使用するが、MFCの最大

流量の制限から供給速度が制限されてしまう。

このため、MFCの下流側のガス供給配管に原料ガスを溜めるガス溜め部を設けることが提案されている。

図6はガス供給配管にガス溜め部を取り付けた例を示す図である。

図6に示すように、ガス溜め部10の前後のガス供給配管51に開閉用の第1、第2バルブ1、2をそれぞれ設け、原料ガスの供給の際には、MFC27とガス溜め部10との間にある第1バルブ1を開けて原料ガスを一旦ガス溜め部10に溜めてから、ガス溜め部10と反応室である反応管6との間にある第2バルブ2を開けるという動作を実施する。するとガス溜め部10と反応管6との間には配管51と開いた第2バルブ2しかなく、MFC27を通す従来の供給法ではさらにMFC27と長い配管51があることからそれに比べて、経路のコンダクタンスが大きくなり、供給速度が大きくなる。式を用いて説明すると、供給速度、コンダクタンス、圧力の関係式 $Q = C \times (P_1 - P_2)$ である。ここで $Q$ は供給速度( $\text{Pa} \cdot \text{m}^3 / \text{sec}$ )、 $C$ はコンダクタンス( $\text{m}^3 / \text{sec}$ )、 $P_1$ 、 $P_2$ は配管前後の圧力( $\text{Pa}$ )を示す。

よって、経路のコンダクタンスが大きくなれば、供給速度も大きくなり、原料ガスを短時間で吸着させることが可能となる。つまり、ガス供給配管に原料ガスを溜めるガス溜め部を設けることにより、反応室内に供給する原料ガスの供給速度を速くすることができるので、原料ガスを短時間で吸着させることが可能となり、成膜時間を短くすることができる。

A LD法を用いた基板処理装置は、複数種類例えば2種類の反応性ガスを1種類ずつ交互に基板上に供給して1原子層単位で吸着させ、表面反応を利用して成膜を行うものであり、この工程を1サイクルとする。膜厚制御は、反応性ガス供給のサイクル数で制御する。例えば、成膜速

度が1 Å/サイクルとすると、500 Åの膜を形成する場合、処理を500サイクル行う。つまり、1サイクルで極薄膜を形成し、これを所定サイクル行うことにより、所望の厚さの膜を得ている。

原料ガスを一旦ガス溜め部に溜め、ガス溜め部から速い供給速度で基板上へと供給する、例えば1つの原料ガスの供給口から基板上にその径方向に沿って供給すると、原料ガスの供給口に近い基板の膜厚が厚くなる、つまり局所的に膜が厚くなる部分ができ、周囲の1箇所だけ凸状になる恐れがある。次のサイクルでは、ガス溜め部を使用してガス溜め部から速い供給速度で基板上へと供給すると、局所的に膜が厚くなった部分（凸状部）以外の部分に膜が成膜される。このため、サイクル数が例えば500であると、局所的に厚くなる部分が分散して、膜厚が均一になる。しかし、薄膜を形成する場合、例えば、サイクル数が60未満の場合では、局所的に厚くなる部分の分散の程度が悪く、つまり局所的に厚くなる部分が分散する前に成膜が終ってしまい、周囲が凹凸になって膜厚の均一性が悪くなることがあり得る。

そこで、本発明の主な目的は、薄膜を成膜するときの膜厚の均一性を良好にすることができる基板処理装置を提供することにある。

#### 発明の開示

本発明の好ましい態様によれば、基板を処理する空間を形成する反応室と、前記反応室に接続され、前記基板の処理用ガスを供給するガス供給配管及び、前記反応室内を排気するガス排気配管とを有した基板処理装置であって、

前記ガス供給配管の途中に、前記反応室に供給するガスを溜めるガス溜め部と、そのガス溜め部をバイパスするバイパスラインとを並設し、

前記基板を処理するとき、前記ガス溜め部か前記バイパスラインのど

ちらか一方を使用して前記処理用ガスを前記反応室に供給させる制御部を設けた基板処理装置が提供される。

このように構成することにより、ガス溜め部を使用せずに、バイパスラインを使用して処理用ガスを反応室に供給することで、処理用ガスは反応室に急速には供給されず、十分に拡散されるので、膜厚の均一性が良好になる。よって、薄膜を成膜するとき、バイパスラインを使用することにより、薄い膜でも膜厚の均一な膜を成膜することができる。

#### 図面の簡単な説明

図 1 は、本発明にかかる基板処理装置の反応管の一例を示す模式的な横断面図である。

図 2 は、本発明にかかる基板処理装置の反応管の一例を示す模式的な縦断面図である。

図 3 A、図 3 B は、本発明にかかるノズルと第 2 バッファ室のガス孔の一例を示す斜視図である。

図 4 は、ガスの供給位置と基板との関係を示す図である。

図 5 A、図 5 B は、基板の状態を示す図であり、図 5 A は平面図、図 5 B は側面図である。

図 6 は、先に提案されている基板処理装置の反応管の一例を示す模式的な横断面図である。

#### 実施の形態

次に、本発明の好ましい実施の形態を図面を参照して説明する。

本発明の好ましい実施の形態にておこなった、基板へのプロセス処理例として A L D (Atomic Layer Deposition) 法を用いた成膜処理について

て説明する。

図 1 及び図 2 は、実施の形態による縦型の基板処理装置の一例を示す図である。図 1 及び図 2 を用いて、縦型の基板処理装置の基本構成を説明する。なお、ここでは、基本構成に追加されるガス溜め部 10 及びバイパス配管 11 の構成を除いて説明してある。

図 1 及び図 2 に示すように、ヒータ 31 の内側に、被処理基板である例えば直径 200 mm のウェーハ（基板）7 を処理する反応室を構成する石英製の反応管 6 が設けられる。反応管 6 の下端開口はシールキャップ 35 により気密に閉塞され、シールキャップ 35 にポート 39 が立設されて反応管 6 内に挿入される。ポート 39 は、軸受 18 に回転自在に軸支されている回転軸 19 を介して回転機構 20 に連結されており、処理の均一性を向上する為にポート 39（基板 7）が回転し得る構造になっている。ポート 39 にはバッチ処理される複数の基板 7 が水平姿勢で管軸方向に多段に積載される。前記ヒータ 31 は反応管 6 内の基板 7 を所定の温度に加熱するようになっている。

反応管 6 内に複数種類、ここでは 2 種類のガスを供給する供給路としての 2 本のガス供給配管が設けられる。ここでは第 1 ガス供給配管 51 はリモートプラズマユニットを介さないで、また第 2 ガス供給配管 52 はリモートプラズマユニット 37 を介して反応管 6 の一側部にそれぞれ接続されている。したがって反応管 6 内の複数の基板 7 に供給されるガスには、プラズマにより励起しないで供給するガスと、プラズマ励起することにより活性種として供給するガスとの 2 種類がある。第 1 供給配管 51 及び第 2 供給配管 52 には、MFC 27、28 がそれぞれ設けられ、第 1 供給配管 51 及び第 2 供給配管 52 に流れるガス流量を制御するようになっている。なお、反応管 6 の他側部には、反応管 6 を排気する排気路としてのガス排気配管 40 が接続され、ガス排気配管 40 には

図示しない真空排気手段としての真空ポンプが接続されている。

リモートプラズマユニット 37 は、反応管 6 内の第 2 バッファ室 41 内にポート 39 に沿って立設されたノズル 43 に接続される。

第 2 バッファ室 41 は、反応管 6 の内壁と基板 7 との間の空間、図示例では反応管 6 の内壁に沿って円弧状に設けられている。また、第 2 バッファ室 41 は、反応管 6 の内壁に沿っていると共に、反応管 6 の内壁の下部より上部までわたって基板 7 の積載方向に沿って設けられている。第 2 バッファ室 41 の基板 7 と隣接する壁の端部にはガス供給口としての第 2 バッファ室孔 46 が設けられている。この第 2 バッファ室孔 46 は反応管 6 (基板 7) の中心へ向けて開口している。

そして第 2 バッファ室 41 内の第 2 バッファ室孔 46 が設けられた端部と反対側の端部には、リモートプラズマユニット 37 に接続されたノズル 43 が、やはり反応管 6 の下部より上部にわたり基板 7 の積載方向に沿って配設されている。ノズル 43 には複数のノズル孔 47 が設けられている。

ノズル 43 と第 2 バッファ室 41 には、上述したガスノズル孔 47 と第 2 バッファ室孔 46 とが設けられているが、この孔の開口状態の例を図 3 A、3 B により説明する。

図 3 A は、図 1 に示されたノズルの斜視図であり、図 3 B は、同じく図 1 に示された第 2 バッファ室 41 の斜視図である。

図 3 A に示すノズル 43 は、断面が円形のパイプでその側面には、そのノズル 43 のほぼ最上部より、第 2 バッファ室 41 の底部に至る位置にまでノズル孔 47 が、ガス流の上流側より下流側へ向けて直線的に並んで設けられ、且つその開口面積は、第 2 ガス供給配管 52 から見て上流側 (図 3 A、3 B においては下方) より下流側 (図 3 A、3 B においては上方) に向かって大きく形成され、コンダクタンスを変化させて、



上流でも下流でも均等にガスが吹き出されるようになっている。

図3Bに示す第2バッファ室41は、断面が円弧状を有するパイプで、その内側の曲面の端部には、同じ開口面積を有する第2バッファ室孔46が、基板7の積載方向に沿って直線的に並んで設けられている。

また、第2バッファ室41と隣接する反応管6の内壁には、図1及び図2に示すように、第1バッファ室42が設けられている。この第1バッファ室42の下部には、第1ガス供給配管51が接続されている。第1バッファ室42も、第2バッファ室41と同様に基板7と隣接する位置に同一ピッチで第1バッファ室孔48を有し、下部には反応ガス導入口を有している。第1バッファ室孔48の開口面積は、上流でも下流でも均等にガスが吹き出されるように、上流側から下流に向かうに従って大きく形成されている。

また、2種類のガスの流し方、及び基板7の成膜温度を制御する制御部60が設けられる。制御部60は、2種類のガスを一種類ずつ交互に繰り返し流すように制御するガス供給制御機能と、ヒータ加熱による成膜温度を制御する温度制御機能とを有している。

次に上述した基本構成の縦型ALD装置を用いて成膜する方法を説明する。膜はSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>膜を形成する。反応ガスはDCS (SiH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>:ジクロルシラン) と、プラズマで活性化したNH<sub>3</sub>活性種である。

まず成膜しようとする基板7をポート39に装填し、反応管6内（以下、単に炉内ともいう）に搬入する。次に基板上にSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>膜の成膜を行なう。このときの反応管6内温度は、下地膜と密着性がよく界面の欠陥の少ない膜が形成される温度、例えば350～600℃である。この成膜には、NH<sub>3</sub>とDCSとを交互に流して1原子層ずつ膜を形成するALD法を用いる。

まず第2ガス供給配管52からNH<sub>3</sub>を供給する。NH<sub>3</sub>はDCSよりも

反応温度が高いため、前記反応管 6 内温度では反応しない。そこで、 $\text{NH}_3$ をリモートプラズマユニット 37 でプラズマ励起することにより活性種としてから流すようにして、前記反応管 6 内温度でも反応するようにする。このとき、反応管 6 内圧力は比較的低い圧力 40 ～ 60 Pa に維持しつつ、プラズマ励起することにより活性種とした  $\text{NH}_3$ を 5 ～ 120 秒間供給する。反応管 6 内に流しているのはプラズマ励起することにより活性種とした  $\text{NH}_3$ だけで、DCS は存在しない。したがって、プラズマ励起することにより活性種とした  $\text{NH}_3$ は、気相反応を起こすことなく、基板 7 上の下地膜に吸着する。

ノズル 43 に設けられたノズル孔 47 は、ここから第 2 バッファ室 41 に噴出する  $\text{NH}_3$ の流量が同量となるように、ガス流の上流側より下流側に向かって開口面積が徐々に大きくなるように設けられている。

従って、ノズル孔 47 を通過して第 2 バッファ室 41 に噴出する  $\text{NH}_3$ は、流速において、上流側で速く下流側で遅くなるが、流量においては、全てのノズル孔 47 において同一となる。

この第 2 バッファ室 41 に噴出した  $\text{NH}_3$ は、ここに一旦導入され、第 2 バッファ室 41 の内部の圧力は均一になる。

上述したように第 2 バッファ室 41 に設けられた第 2 バッファ室孔 46 は、全て同一開口面積であるため、基板 7 へ供給される  $\text{NH}_3$ の活性種は、均一な流量、且つ均一な流速で供給されるため、各基板 7 に対して均一な成膜処理が行われる。

さらに、第 2 バッファ室孔 46 は、多段に載置された基板 7 の間隔の中間に位置するよう設けることにより、処理用ガスである  $\text{NH}_3$ は、積載された各基板 7 へ十分に供給される。

つぎに第 1 ガス供給配管 51 から DCS を供給する。DCS は前記反応管 6 内温度で反応するので、リモートプラズマ 37 によるプラズマ励

起の必要はない。このときの反応管 6 内圧力は  $\text{NH}_3$  のときよりも高い圧力 266 ~ 931 Pa に昇圧する。DCS の供給により下地膜上の  $\text{NH}_3$  と DCS とが表面反応して、 $\text{Si}_3\text{N}_4$  膜が成膜される。

第 1 パッファ室 42 には、ガスの上流より下流に向かって開口面積が徐々に大きくなる第 1 パッファ室孔 48 が反応管 6 (基板 7) の中心に向けて設けられている。この結果、第 1 パッファ室孔 48 より基板 7 に供給される DCS は、流速は異なるが、流量は同一の流れとなって、反応管 6 内へ噴出する。

もちろん、DCS の供給も第 1 パッファ室 42 の替わりに、 $\text{NH}_3$  の供給に用いたのと同様のノズル 43 と第 2 パッファ室 41 を、もう一組、反応管 6 内に設置し、ここに設けられた第 2 パッファ室孔 46 より DCS を供給することとすれば、流量も流速も均一にすることができ好ましい。

しかし、本実施の形態において、DCS の供給は、ノズル 43 と第 2 パッファ室 41 の組み合わせよりも簡易的な、第 1 パッファ室 42 を用いて、ガス流量を等しくすれば、基板 7 において充分均一な成膜処理が可能である。

上述した  $\text{NH}_3$  と DCS とを交互に流す工程を 1 サイクルとする。このサイクルを繰り返すことにより、所定厚の  $\text{Si}_3\text{N}_4$  膜が形成される。ALD 法では、成膜に寄与する 2 種のガスが同時に気相中に存在しないため、ガスは下地表面に吸着し、下地膜と反応する。このため下地膜との密着性が良い膜が得られ、2 種のガスを同時に流す CVD (Chemical Vapor Deposition) 法で成膜するよりも界面の欠陥が減少する。また、複数種類のガスのうちプラズマ励起の必要な  $\text{NH}_3$  ガスをプラズマ励起することにより活性種として流すようにしたので、プラズマ励起の必要のない DCS ガスによる反応温度で成膜できるので、350 ~ 600℃とい

う低温で成膜できる。

この基本構成に加えて、本実施の形態の基板処理装置では、第1ガス供給配管51のMFC27の下流側(MFC27と反応管6との間)には、ガスを溜めるガス溜め部10が設けられている。このガス溜め部10は、例えば通常の配管よりもガス容量の大きなガスタンク又は螺旋配管などで構成する。

また、第1ガス供給配管51のMFC27の下流側には、ガス溜め部10をバイパスするバイパスラインであるバイパス配管11が接続されている。

ガス溜め部10の近傍の上流側の第1ガス供給配管51に管路を開閉する第1バルブ1を、下流側の第1ガス供給配管51に管路を開閉する第2バルブ2をそれぞれ設ける。バイパス配管11に管路を開閉する第3バルブ3を設ける。

第1、第2、第3バルブ1、2、3を開閉することにより、第1ガス供給配管51を介して第1の種類的气体としてのDCSガスをガス溜め部10に溜めたり、溜めたDCSガスを反応管6に供給できたり、ガス溜め部10を使用せずにDCSガスをバイパス配管11を介して反応管6に供給できるようになっている。

また、リモートプラズマユニット37の近傍の上流側の第2ガス供給配管52には管路を開閉する第4バルブ4を設け、この第4バルブ4を開閉することにより、第2の種類的气体としてのNH<sub>3</sub>ガスを反応管6に供給したり、供給を止めたりできるようになっている。ガス排気配管40には管路を開閉及び開度を調整する排気バルブ(図示せず)を設け、この排気バルブを開閉することにより反応管6を排気したり、排気を止めたりできるようになっている。また排気バルブの開度を調整することにより反応管6を所定圧に維持しつつ排気できるようになっている。な

お、排気バルブは、開閉及び開度調整する機能を有する単体のバルブで構成しても、あるいは開閉機能を有するバルブと開度調整機能を有するバルブとの複数のバルブで構成してもよい。

また、第1、第2、第3、第4バルブ1、2、3、4、及びヒータ31等を制御する制御部60が設けられる。制御部60は、排気バルブ及び第1、第2、第3バルブ1、2、3を制御して、DCSガスを第1ガス供給配管51に流してガス溜め部10に溜め、反応管6の排気を止めた状態あるいは排気をしながらガス溜め部10に溜めたDCSガスを反応管6に供給するか、または、ガス溜め部10を使用せずに、バイパス配管11を介してDCSガスを反応管6に供給することにより、反応管6を昇圧状態として基板7をDCSガスに晒す。また、反応管6を排気しつつNH<sub>3</sub>ガスをリモートプラズマユニット37を介して第2ガス供給配管52より反応管6に供給することにより、NH<sub>3</sub>ガスをプラズマ励起することにより得られた活性種に基板7を晒すようになっている。

つぎに、ガス溜め部10を用いた成膜シーケンスの一例について説明する。

原料ガスとしてDCS及びNH<sub>3</sub>を用いた場合について説明する。NH<sub>3</sub>のガス供給配管52（ライン）はガス溜め部10がなく、DCSはガス溜め部10を有するガス供給配管51（ライン）を使って供給を行う例で示す。下記の例ではガス溜め部10がない配管を用いて原料ガスを先に反応管6内に流しているが、ガス溜め部10を有する配管を使って原料ガスを先に流す方法でも同様である。

まず成膜しようとする基板7をポート39に装填し、反応管6内に搬入する。搬入後、次の（1）～（4）の動作を1サイクルとして、これを繰り返し実行する。

（1）プラズマ励起の必要なNH<sub>3</sub>ガスと、プラズマ励起の必要のない

DCSガスとを併行して流す。まず第2ガス供給配管52に設けた第4バルブ4、及びガス排気配管40に設けた排気バルブを共に開けて、第2ガス供給配管52から $\text{NH}_3$ をリモートプラズマユニット37でプラズマ励起することにより活性種として第2バッファ室41を通して、例えば第2バッファ室41に設けた基板7間隔1枚毎に設けられた第2バッファ室孔46から基板7上に供給しつつ、ガス排気配管40から排気する。

$\text{NH}_3$ ガスをプラズマ励起することにより活性種として流すときは、ガス排気配管40からの排気を適正に調整して反応管6内圧力を10～1000Paとする。MFC28で制御する $\text{NH}_3$ の供給流量は1000～10000sccmである。基板7を $\text{NH}_3$ をプラズマ励起することにより得られた活性種に晒す時間は2～60秒間である。このときの反応管6内温度は300～600℃に設定してある。 $\text{NH}_3$ は反応温度が高いため、前記反応管6内温度では反応せず、第4バルブ4下流側にリモートプラズマユニット37でプラズマ励起することにより活性種としてから流すようにしているので、反応管6内温度は設定した低い温度範囲のままで行なえる。

この $\text{NH}_3$ をプラズマ励起することにより活性種として供給しているとき、第1ガス供給配管51の上流側の第1バルブ1を開け、下流側の第2バルブ2を閉めて、DCSも流すようにする。これによりバルブ1、2間に設けたガス溜め部10にDCSが供給されて、ガス溜め部10に所定圧、所定量のDCSが溜まったら第1バルブ1も閉めて、ガス溜め部10にDCSを閉じ込めておく。ガス溜め部10内には、圧力が2000Pa以上になるようにDCSを溜める。また、ガス溜め部10と反応管6との間のコンダクタンスが $1.5 \times 10^{-3} \text{m}^3/\text{s}$ 以上になるように配管系を構成する。また、反応管容積とこれに対する必要なガス溜め

部10の容積との比として考えると、反応管容積100l（100リットル）の場合においては、ガス溜め部容積は100～300ccであることが好ましく、容積比としてはガス溜め部10は反応管容積の1/1000～3/1000倍とすることが好ましい。

反応管6内に流しているガスはNH<sub>3</sub>をプラズマ励起することにより得られた活性種であり、DCSは存在しない。したがって、NH<sub>3</sub>は気相反応を起こすことはなく、プラズマにより励起され活性種となったNH<sub>3</sub>は基板7上の下地膜に吸着する。

ノズル43から第2バッファ室41に供給されたNH<sub>3</sub>は、第2バッファ室41に設けられた基板7間隔1枚毎に設けられた第2バッファ室孔46から基板7上に供給される。

第4バルブ4を閉じてNH<sub>3</sub>を反応管6内に流すことを止める。

(2) 次に反応管6内、第2バッファ室41内から残留NH<sub>3</sub>の除去を行うが、真空排気手段による排気で、例えば、反応管6内を20Pa以下に排気し、残留NH<sub>3</sub>を反応管6内から排除する。このとき、第2バッファ室41とリモートプラズマユニット37との間に不活性ガスでのラインを追加して、不活性ガスによるパージと真空引きを組み合わせるのもガス置換には効果的である。

(3) ガス溜め部10の下流にある第2バルブ2を開く。これにより、ガス溜め部10に溜められたDCSが第1バッファ室42を通過して、第1バッファ室42に設けられた基板7間隔1枚毎に設けられた第1バッファ室孔48から基板7上に一気に供給される。NH<sub>3</sub>との反応を促進するためにDCSの分圧が高くなるように反応管6内圧力の調整手段は圧力が高くなるように設定する。

例えば、DCSの供給により、反応管6内圧力は急激に上昇してNH<sub>3</sub>のときよりも高い約266～931Paまで昇圧される。DCSの供給

流量は100～2000ccである。DCSを供給するための時間は2～4秒設定し、その後上昇した圧力雰囲気中に晒す時間を2～4秒に設定し、合計6秒とした。このときの反応管6内温度は、NH<sub>3</sub>の供給時と同じく、300～600℃である。DCSの供給により、下地膜上のNH<sub>3</sub>とDCSとが反応して、基板7上にSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>膜が成膜される。

第2バルブ2を閉じてDCSのガス溜め部10からの供給を止める。第2バルブ2を閉じた後は、次の供給が始まるまでの時間をDCSの溜め時間に当てることができる。(つまり、他の動作実施中、溜め時間のみの動作として余分に時間を取る必要がなく、第1バルブ1を開いてガス溜め部10へのDCSの供給を開始する。)

(4) 次に反応管6内、第1バッファ室42内から残留DCSの除去を行うが、真空排気手段による排気で実施し、残留するDCSの成膜に寄与した後のガスを反応管6内から排除する。この際、第1バッファ室42と第2バルブ2との間に不活性ガスでのラインを追加して、不活性ガスによるパージと真空引きを組み合わせるのもガス置換には効果的である。

これら(1)～(4)の動作を1サイクルとし、このサイクルを複数回繰り返すことにより、基板7上に所定膜厚のSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>膜を成膜することができる。

このシーケンス中、基板7を載置したポート39を一定速度で回転させる。これにより、基板7上に一方向から(基板の径方向に沿うと共に基板の表面に沿って)ガスを供給しても、基板7の全面にわたって、より均一な成膜処理が実現される、つまり、膜厚の面内均一性が向上する。本実施の形態例において、基板7の回転速度は、前記1サイクルで14～30秒くらいであるが、スループットの観点からは、10秒程度にすることが好ましい。



流量は100～2000ccである。DCSを供給するための時間は2～4秒設定し、その後上昇した圧力雰囲気中に晒す時間を2～4秒に設定し、合計6秒とした。このときの反応管6内温度は、NH<sub>3</sub>の供給時と同じく、300～600℃である。DCSの供給により、下地膜上のNH<sub>3</sub>とDCSとが反応して、基板7上にSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>膜が成膜される。

第2バルブ2を閉じてDCSのガス溜め部10からの供給を止める。第2バルブ2を閉じた後は、次の供給が始まるまでの時間をDCSの溜め時間に当てることができる。(つまり、他の動作実施中、溜め時間のみの動作として余分に時間を取る必要がなく、第1バルブ1を開いてガス溜め部10へのDCSの供給を開始する。)

(4) 次に反応管6内、第1バッファ室42内から残留DCSの除去を行うが、真空排気手段による排気を実施し、残留するDCSの成膜に寄与した後のガスを反応管6内から排除する。この際、第1バッファ室42と第2バルブ2との間に不活性ガスでのラインを追加して、不活性ガスによるパージと真空引きを組み合わせるのもガス置換には効果的である。

これら(1)～(4)の動作を1サイクルとし、このサイクルを複数回繰り返すことにより、基板7上に所定膜厚のSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>膜を成膜することができる。

このシーケンス中、基板7を載置したポート39を一定速度で回転させる。これにより、基板7上に一方向から(基板の径方向に沿うと共に基板の表面に沿って)ガスを供給しても、基板7の全面にわたって、より均一な成膜処理が実現される、つまり、膜厚の面内均一性が向上する。本実施の形態例において、基板7の回転速度は、前記1サイクルで14～30秒くらいであるが、スループットの観点からは、10秒程度にすることが好ましい。

1 サイクル／1 回転であると、原料ガス例えばDCSを供給するとき、毎回基板7の位置が同じである。つまり、基板7は回転しているが、第1パuffa室孔48からDCSを供給するとき、同じ基板7の一周縁部から基板7に向かってガスが供給される。このようにガスが供給されると、ガス溜め部10を使用しているため、ガスの供給スピードが速いので、図5A、5Bに示すように、第1パuffa室孔48（ガス供給口）側になった基板端65の膜厚が狭い幅で厚くなる傾向がある。

このため、毎回基板7の同じ位置が第1パuffa室孔48近くにくることがないように回転速度やガスの供給タイミングを微調整するようにすることが好ましい。この微調整は、例えば、図4に示すように、ガスの供給位置Pが1サイクル毎に45°ずれてガスが供給されるように、回転速度を上げたり下げたり、または回転速度を同じにしてガスの供給タイミングをずらしたりして調整する。この微調整で、基板7の一部分だけに第1パuffa室孔48が向かい合うという状態になることがなくなり、局所的に厚くなる部分を分散させ、均一性を向上させることができる。

しかし、この微調整は、例えば60サイクル以上の交互供給を必要とする厚い膜を成膜する場合には、有効であるが、60サイクル未満の薄い膜を成膜する場合には、回転速度とガス供給のタイミングの組み合わせによって基板7の一部分だけに第1パuffa室孔48が向かい合うという状態にならないようにはできるが、回転回数が少ないため、分散の程度が低く周囲が凸凹になる恐れがある。回転数が少ないほど、すなわち、基板に形成する膜厚が薄い膜ほど凸凹による均一性悪化の可能性が高くなる。なお、ここで60サイクルを境界にして厚い膜と薄い膜とに分けたが、この数値はあくまでも分りやすくするために挙げた例であ

り、これに限定されるものではない。例えば、1サイクルで膜厚が約1 Åの膜が形成される場合には、60サイクルで60 Åの膜が形成されるが、一般的には100 Å以下の膜厚の膜は薄膜といえる。また、100 Å以上だと厚膜といえる。

そこで、60サイクル未満の薄い膜を成膜する場合には、ガス溜め部10を使用せずに、バイパス配管11を使用して原料ガス、実施の形態ではDCSを供給するようにする。バイパス配管11を使用してDCSを供給すると、ガス溜め部10を使用してガスを供給する場合に比して基板7へのガスの供給スピードが例えば1/5と遅い。ガスがある程度長い時間かけて供給されるので、ガスが分散すると共に、回転する基板7のある狭い一部分のみにガスが集中することなく、広い範囲に分散される。よって、凸凹になる恐れがなくなり、薄膜を成膜する場合でも面内均一性を向上することができる。

したがって、実施の形態の基板処理装置では、薄膜成膜の際にはガス溜め部10にガスを溜めて供給するのではなく、マスフローコントローラ27を通して所望の時間ガスを反応管6に供給し得るバイパス配管11を設けて、60 Å以下の薄膜の成膜時にはバイパス配管11を、60 Åよりも厚い膜の成膜時にはガス溜め部10を使うというように、供給路を使い分けることで、薄膜と厚膜両方で膜厚の均一性が良好な膜を成膜することができる。

なお、薄膜を成膜するとき、交互供給の回数（サイクル数）が少なくすむので、ガス溜め部10を用いない分、ガス溜め部10を使用する場合に比して、1サイクル当たり数秒の昇圧時間が余分に必要になるが、トータル的にはあまり時間増加にはなることがない。

また、ガス溜め部10をタンクとして使用せずに、第1、第2バルブ1、2を開けばなしにして、単にガスの通り道、つまり配管としてガ

ス溜め部 10 を使用することも考えられるが、ガス溜め部 10 を配管として成膜を実施したところ、バイパス配管 11 を用いた場合と比較して、膜厚均一性、膜厚再現性が悪い。これは、ガス溜め部 10 内にガスが溜まり、よどみが生じ、その後の排気動作でも除去しきれずに、次に流すガスと気相で反応してしまったことが原因と推測される。ガスの供給の後の排気時間を十分長くすることで、この悪化は解消された。しかし、それでは、1 サイクル当たり数秒の供給時間延長に加え、排気時間も増加するので、成膜時間の増大を招き好ましくない。よって、バイパス配管 11 を設けることが有効である。

本実施の形態では、ガス溜め部 10 に DCS を溜めている間に、ALD 法で必要なステップである  $\text{NH}_3$  をプラズマ励起することにより活性種として供給、及び反応管 6 内排気をしているので、DCS を溜めるための特別なステップを必要としない。また、反応管 6 内を排気して  $\text{NH}_3$  を除去してから DCS を流すので、両者は基板 7 に向かう途中で反応しない。供給された DCS は、基板 7 に吸着している  $\text{NH}_3$  とのみ有効に反応させることができる。

なお、上述した実施の形態では、ガス溜め部 10 としてガスタンクや螺旋配管を 1 個設けた場合について説明した。しかし、これに限定されることなく、並列に複数個設けるようにてもよい。また、本発明のガス溜め部 10 はガスタンクや螺旋配管に限定されず、ガスを溜めて一気に放出できるものであればいずれの手段であってもよい。例えば、DCS のガス供給配管を通常よりも太くし、それに応じて MFC の容量を大きくするようにしてもよい。また、DCS のガス供給配管を複数本にしてもよい。この場合、DCS 供給源となるポンペの数をガス供給配管の本数に応じて増やしても良い。また、DCS は蒸気圧が低いので、ポンペを加熱して DCS の気化量を多くするようにしてもよい。さらに、ポン

ブで強制的にDCSを反応管6内に送り込むようにしてもよい。

また、上述した実施の形態では、本発明を縦型の基板処理装置について適用しているが、半導体装置の製造方法にも適用することが可能である。この半導体装置の製造方法は、例えば、反応室（反応管）内の排気と反応室への処理用ガスの供給とを行って、反応室内の基板を処理する半導体装置の製造方法において、処理用ガスを流す供給路の途中に処理用ガスを溜めておき、この供給路の途中に溜めた処理用ガスを反応室に供給するか、または、処理用ガスを供給路の途中に溜めることなく反応室に供給して、基板上に成膜するようにしたものとすることができる。これによれば、薄膜を成膜するとき、処理用ガスを供給路の途中に溜めることなく反応室に通常の供給速度で供給して、基板上に十分拡散するようにしたので、成膜される膜の厚さが均一になる。よって、薄膜を成膜するとき、ガスを溜めることなく反応室に供給することにより、薄い膜でも膜厚の均一な膜を成膜することができる。

なお、上述した実施の形態では、反応ガスにリモートプラズマユニットが必要なDCS、 $\text{NH}_3$ 系を用いた場合について説明したが、本発明はこれに限定されず、リモートプラズマユニットを必要としないガス系にも適用可能である。例えば、 $\text{HCD}(\text{Si}_2\text{Cl}_2)$ と $\text{NH}_3$ とを用いて $\text{Si}_3\text{N}_4$ 膜を形成する場合、両ガス供給配管にガス溜め部を用いることができるので、バイパスラインもそれぞれに設ける。また、 $\text{Al}(\text{CH}_3)_3$ とオゾン $\text{O}_3$ とを用いて $\text{Al}_2\text{O}_3$ 膜を形成する場合、 $\text{Al}(\text{CH}_3)_3$ はガス溜め部に溜め、 $\text{O}_3$ はオゾン発生器から供給する。

#### 産業上の利用可能性

以上のように、本発明によれば、ガス溜め部と並列に設置したバイパスラインを使用してガスを供給し、薄膜成膜でも膜厚均一性の良好な膜

を得ることができ、膜厚に関わらず均一性の良好な膜を得ることができる。

その結果、本発明は、ALD法を用いた基板成膜装置に特に好適に利用できる。

## 請求の範囲

## 1. 基板を処理する空間を形成する反応室と、

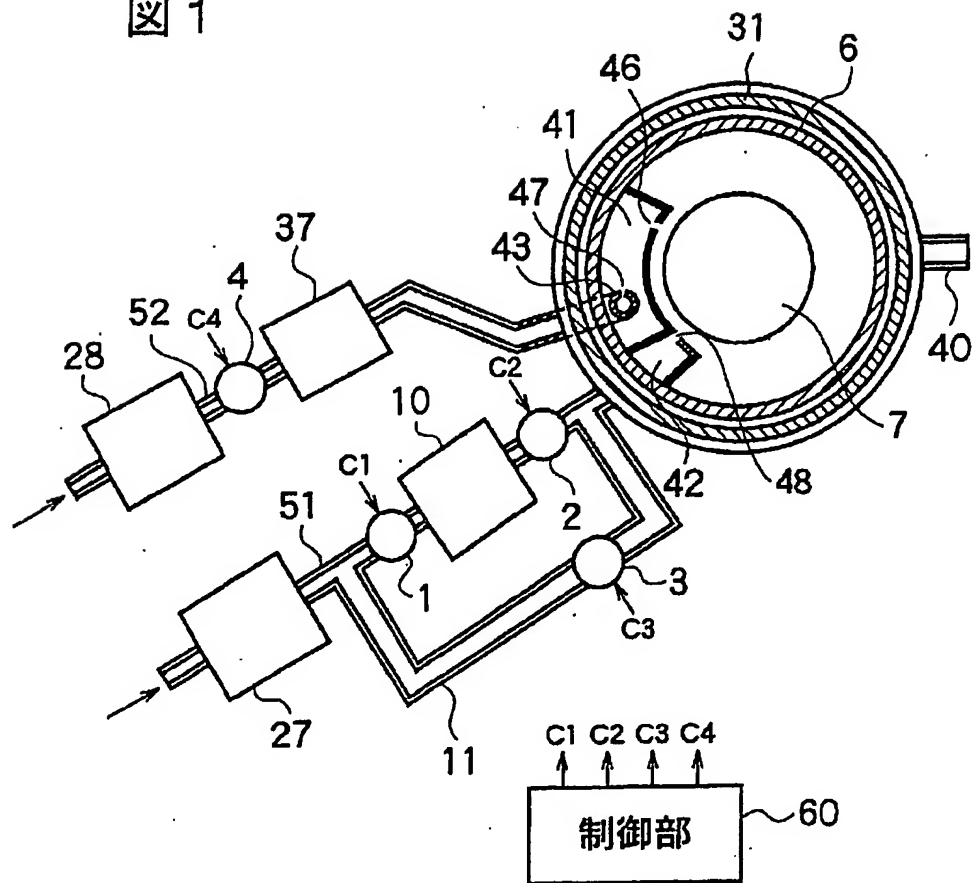
前記反応室に接続され、前記基板の処理用ガスを供給するガス供給配管及び、前記反応室内を排気するガス排気配管とを有した基板処理装置であって、

前記ガス供給配管の途中に、前記反応室に供給するガスを溜めるガス溜め部と、そのガス溜め部をバイパスするバイパスラインとを並設し、

前記基板を処理するとき、前記ガス溜め部か前記バイパスラインのどちらか一方を使用して前記処理用ガスを前記反応室に供給させる制御部を設けたこと特徴とする基板処理装置。

1/5

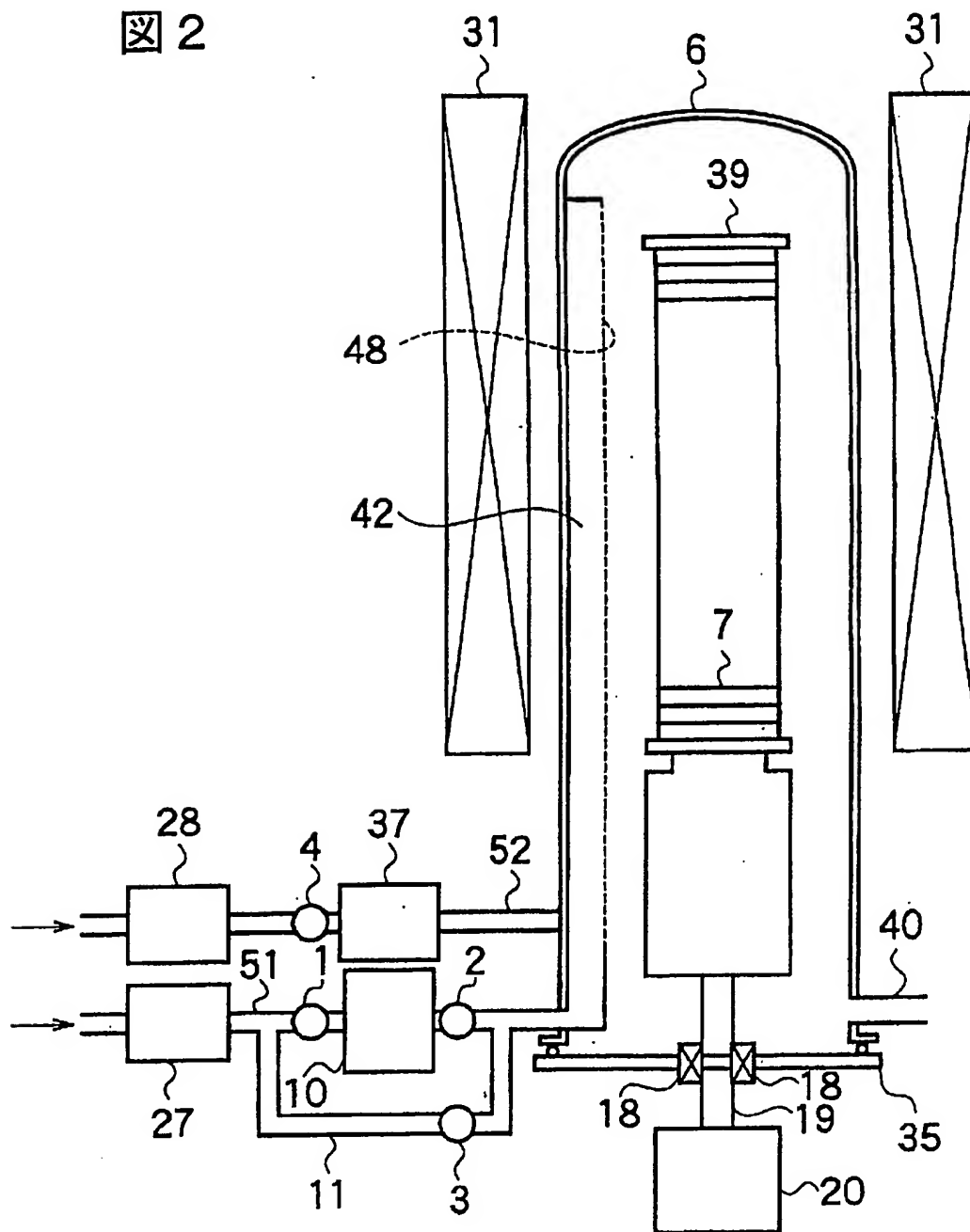
図 1





2/5

図 2



3/5

図3A

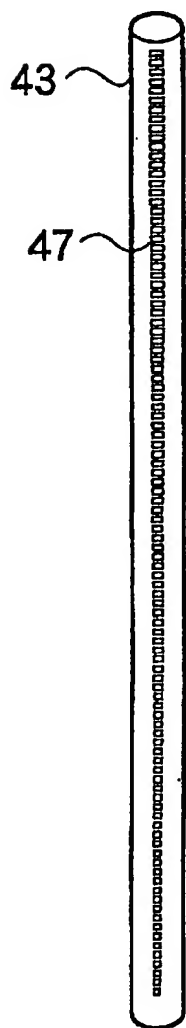
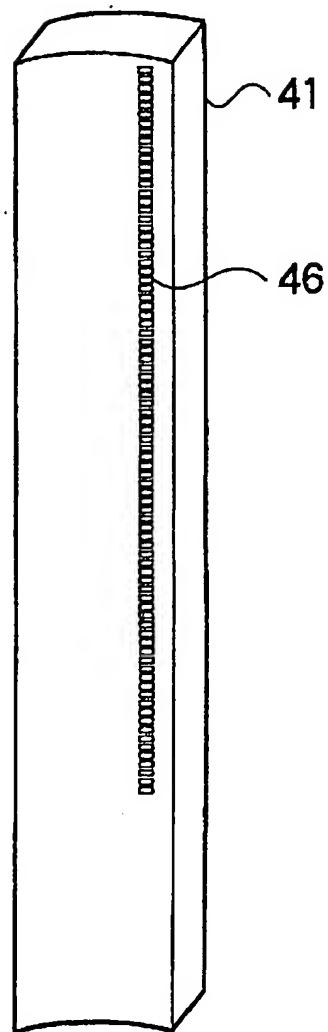


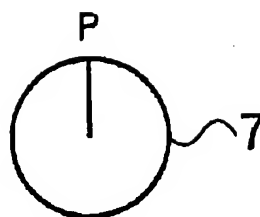
図3B



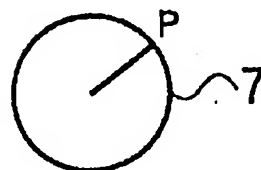
4/5

図 4

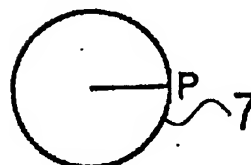
1 サイクル目



2 サイクル目



3 サイクル目



⋮

⋮

図 5A

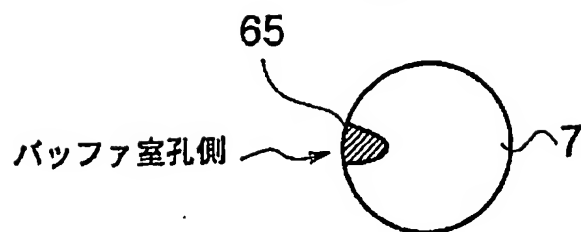
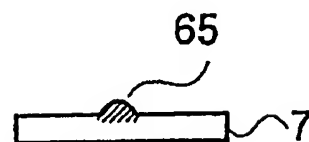


図 5B



5/5

図 6

